

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

JC955 U.S. PTO

10/026727



12/27/01

#5
7-240

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-400814

出 願 人

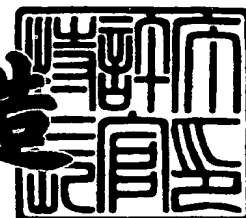
Applicant(s):

株式会社東芝

2001年11月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3105531

【書類名】 特許願

【整理番号】 12856801

【提出日】 平成12年12月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/66
G01N 23/00

【発明の名称】 基板検査装置およびその制御方法

【請求項の数】 15

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 山 崎 裕一郎

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 三 好 元 介

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地

 【氏名又は名称】 株式会社 東 芝

【代理人】

 【識別番号】 100064285

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 佐 藤 一 雄

【選任した代理人】

 【識別番号】 100088889

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 橘 谷 英 俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100082991

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100108785

【弁理士】

【氏名又は名称】 箱 崎 幸 雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004444

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 基板検査装置およびその制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を装着する基板装着手段と、

荷電ビームを生成して前記基板に照射する荷電ビーム照射手段と、

前記荷電ビームの照射により前記基板から発生し前記基板の表面の物性を表わす電子像をなす二次荷電粒子もしくは反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子を倍增する荷電粒子倍增器と、 倍增された前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子の照射を受けて前記電子像を光学画像に変換する蛍光体を受光面に有し前記光学画像を画像信号に変換する撮像素子と、 を含む電子像検出手段と、

前記基板から発生した前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子を拡大投影して前記電子像を前記電子像検出手段に結像させる写像投影手段と、

前記画像信号に基づいて前記基板を検査する検査手段と、

前記蛍光体の蛍光面をグランドに接地するとともに、 前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子が前記荷電粒子倍增器に入射する面に第 1 の負の電位を印加する制御手段と、 を備える基板検査装置。

【請求項 2】

前記制御手段は、 前記基板装着手段に前記第 1 の負の電位よりも絶対値が大きい第 2 の負の電位を印加することを特徴とする請求項 1 に記載の基板検査装置。

【請求項 3】

前記制御手段は、 前記写像投影手段において前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子が出射する位置の電位が前記第 1 の負の電位となるように前記写像投影手段を制御することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の基板検査装置。

【請求項 4】

前記基板装着手段と、前記荷電ビーム照射手段と、前記写像投影手段と、前記荷電粒子倍増器とを真空状態で収容する真空容器をさらに備え、

前記撮像素子は、前記真空容器内に設置されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の基板検査装置。

【請求項 5】

前記荷電ビームの前記基板への入射角度と、前記基板から発生する前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子の前記写像投影手段への取り込み角度を変化させる荷電ビーム偏向手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の基板検査装置。

【請求項 6】

前記写像投影手段は、前記写像投影手段に近接した位置に設けられた 3 段の静電レンズを含み、

前記制御手段は、前記 3 段の静電レンズのうち、前記基板装着手段の側に位置する第 1 段目の前記静電レンズをグラウンドに接地し、前記荷電粒子倍増器に最も近接する第 3 段目の前記静電レンズに前記第 1 の負の電位を印加し、第 2 段目の前記静電レンズに前記第 1 の負の電位よりも絶対値が小さい第 3 の負の電位を印加することを特徴とする請求項 3 乃至 5 のいずれかに記載の基板検査装置。

【請求項 7】

前記第 1 の負の電位は、前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子が前記荷電粒子倍増器に入射するときのエネルギーを約 2 k e V 以下とする値であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の基板検査装置。

【請求項 8】

前記撮像素子は、ガラス材料から形成された保護部材を有し、

前記蛍光体は、前記保護部材の表面に蛍光材料をコーティングして形成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の基板検査装置。

【請求項 9】

前記撮像素子は、T D I (Time Delay Integrator) 型の C C D 素子を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の基板検査装置。

【請求項 1 0】

基板を装着する基板装着手段と、荷電ビームを生成して前記基板に照射する荷電ビーム照射手段と、前記荷電ビームの照射により前記基板から発生し前記基板の表面の物性を表わす電子像をなす二次荷電粒子もしくは反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子を検出して画像信号を出力する電子像検出手段と、前記基板から発生した前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子を拡大投影して前記電子像を前記電子像検出手段に結像させる写像投影手段と、前記画像信号に基づいて前記基板を検査する検査手段と、を備え、前記電子像検出手段が、前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子を倍増する荷電粒子倍増器と、倍増された前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子の照射を受けて前記電子像を光学画像に変換する蛍光体を受光面に有し前記光学画像を画像信号に変換する撮像素子と、を含む基板検査装置の制御方法であって、

前記蛍光体の蛍光面をグランドに接地する工程と、

前記荷電粒子倍増器における前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子の入射面に第 1 の負の電位を印加する工程と、

を備える基板検査装置の制御方法。

【請求項 1 1】

前記基板装着手段に前記第 1 の負の電位よりも絶対値が大きい第 2 の負の電位を印加する工程をさらに備えることを特徴とする請求項 1 0 に記載の基板検査装置の制御方法。

【請求項 1 2】

前記写像投影手段において前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子が前記電子像検出手段に向けて出射する箇所に前記第 1 の負の電位を印加する工程をさらに備えることを特徴とする請求項 1 0 または 1 1 に記載の基板検査装置の制御方法。

【請求項 1 3】

前記荷電ビームの前記基板への入射角度と、前記基板から発生した前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子の前記写像投影手段への取り込み角度を変化させる工程をさらに備えることを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 2 のいずれかに記載の基板検査装置の制御方法。

【請求項 1 4】

前記基板検査装置の前記写像投影手段は、前記電子像検出手段に近接した位置に設けられた 3 段の静電レンズを含み、

前記 3 段の静電レンズのうち、前記基板装着手段の側に位置する第 1 段目の前記静電レンズをグラウンドに接地し、前記荷電粒子増倍器に最も近接する第 3 段目の前記静電レンズに前記第 1 の負の電位を印加し、第 2 段目の前記静電レンズに前記第 1 の負の電位よりも絶対値が小さい第 3 の負の電位を印加する工程をさらに備えることを特徴とする請求項 1 2 または 1 3 に記載の基板検査装置の制御方法。

【請求項 1 5】

前記第 1 の負の電位は、前記二次荷電粒子もしくは前記反射荷電粒子または前記二次荷電粒子および前記反射荷電粒子が前記荷電粒子増倍器に入射するときのエネルギーを約 2 k e V 以下とする値であることを特徴とする請求項 1 1 乃至 1 4 のいずれかに記載の基板検査装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基板検査装置およびその制御方法に関し、特に、荷電ビームを用いて半導体ウェーハ上の集積回路パターンを観察する検査装置およびその制御方法に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

L S I の高集積化に伴い、ウェーハおよびマスク上の欠陥、異物の検出に要求される検出感度は高くなってきている。一般に、致命的な不良を発生させるパターン欠陥および異物を検査するためには、パターン配線幅の 1 / 2 以下の検出感

度が必要といわれている。このため、 $0.13\mu\text{m}$ 以下のデザインルールの半導体ウェーハの欠陥検査において、光学式によるパターン欠陥検査の限界が見えてきている。このような背景のもと、荷電ビームを用いたパターン欠陥検査装置の開発が行われてきた（特開平5-258703号公報、特開平6-188294号公報、特開平7-249393号公報など）。荷電ビームによる半導体ウェーハのパターン欠陥検査において高速処理を達成させるためには、特開平7-249393号公報に提案の電子光学系の構成が最も有力な手段と予想される。その実現のために、特開平11-132975に提案される光学系の提案もなされている。

【0003】

従来技術の一例として、特開平11-132975に記載の手法を図3を参照しながら説明する。なお、以下の各図において同一の部分には同一の参照番号を付してその詳細な説明は省略する。

【0004】

図3に示す基板検査装置は、荷電ビームとして電子ビームを用いるものであり、その概略構成として、電子ビーム照射部とその制御部、試料である基板11を装着するステージ12とその制御部、二次、反射および後方散乱電子ビーム写像投影光学部（以下、単に写像投影光学部という）とその制御部、電子像検出部とその制御部、電子ビーム偏向部とその制御部とを備えている。

【0005】

電子ビーム照射部は、基板11の表面に対して機械的に斜めに配置されており、この一方、写像投影光学部の光軸は、基板11の表面に対して垂直方向に配置されている。このような構成により、電子銃から照射された電子ビーム（以下、照射電子ビームという）31は、試料面に対して所定角度をなすように斜めから電子ビーム偏向部に入射し、電子ビーム偏向部により、照射電子ビーム31は基板11の表面に対して垂直な方向に偏向された後に基板11に入射する。また、基板11の表面で発生した二次電子、反射電子および後方散乱電子（以下、二次電子等という）は、基板11表面の電界によって基板11表面に対して垂直な方向に加速されて写像投影光学系へ入射する。

【 0 0 0 6 】

電子ビーム照射部は、電子銃と 2 段構成の四極子レンズとを備えている。電子銃は、 $100\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ の矩形の電子放出面を有するランタンヘキサボライド（以下、 LaB_6 という）陰極 1、矩形開口を有するウーネルト電極 2、矩形開口部を有する陽極 3、および光軸調整用の偏向器 4 とを含み、それぞれ制御部 7、8、9 により照射電子ビーム 31 の加速電圧、エミッション電流、光軸が制御される。基板 11 表面上で $100\mu\text{m} \times 25\mu\text{m}$ 程度の矩形ビームを形成するために、2 段の静電型四極子レンズ 5、6 とその制御部 10 が設けられている。照射電子ビーム 31 の加速電圧は、写像投影光学部の解像度、基板 11 への入射電圧の関係から決定される。

【 0 0 0 7 】

照射電子ビーム 31 は、 LaB_6 陰極 1 より放出され四極子レンズ 5、6 により収束されながら電子ビーム照射部を出射し、電子ビーム偏向部 27 に入射する。電子ビーム偏向部 27 は、図示しないウィーンフィルタ（Wien filter）を有し、このウィーンフィルタにより、照射電子ビーム 31 は基板 11 表面に対して垂直となるようにその軌道が偏向されて電子ビーム偏向部 27 を出射する。その後、照射電子ビーム 31 は、回転対称静電レンズ 14 によって縮小され、基板 11 上に垂直に照射する。静電レンズ 14 は電源 15 によって電圧が印加される。

【 0 0 0 8 】

ステージ 12 は、電源 13 により負電圧が印加され、これにより基板 11 に負電圧が印加される。ステージ 12 はまた、制御部 13 によりその移動が制御される。基板 11 への印加電圧値は、写像投影光学部の解像性能から決定される。 $0.1\mu\text{m}$ 以下の解像度を得るためには、二次電子等となる電子ビーム（以下、二次電子ビームという）32 の電圧は 5keV 程度のエネルギーが必要なため、試料印加電圧は 5kV が好ましい。この一方、照射電子ビーム 31 のエネルギーは、基板印加電圧と基板への入射電圧との差によって決定される。基板 11 が半導体ウェーハである場合、基板 11 への入射電圧としては、照射ダメージおよび帯電防止の点から 800V 程度が一般に用いられている。この結果、照射電子ビームの電圧は 5.8kV となる。

【 0 0 0 9 】

照射電子ビーム 3 1 がウェーハに照射されると、基板 1 1 の表面からは、基板 1 1 表面の形状／材料／電位等の物性を表わす電子像をなす二次電子等が放出される。これらの電子は、静電レンズ 1 4 間に発生する加速電界によって加速され、静電レンズ 1 4 によって無限遠に焦点を有する軌道を描きながら、電子ビーム偏向部 2 7 に入る。ここで、電子ビーム偏向部 2 7 は、基板 1 1 側から入射された二次電子ビーム 3 2 を直進させる条件で制御されており、二次電子ビームは、偏向部 2 7 の中を直進して、分光手段に入射される。ここでは、基板 1 1 から発生した二次電子ビーム 3 2 のエネルギーの中で、所定値以上のエネルギーを有する二次電子ビームのみが写像投影光学部に入射することになる。

【 0 0 1 0 】

写像投影光学部は、それぞれ 3 段の回転対称型静電レンズ 1 6、1 8、2 0 を含む。二次電子ビーム 3 2 は、静電レンズ 1 6、1 8、2 0 によって拡大投影されて、電子像検出部上で結像される。制御部 1 7、1 9、2 1 は、それぞれ静電レンズ 1 6、1 8、2 0 の電圧を制御する。

【 0 0 1 1 】

電子像検出部は、MCP (Micro Channel Plate) 検出器 2 2、蛍光板 2 3、FOP (Fiber Optical Plate) 2 4、CCD 素子 1 0 6 および CCD カメラ 2 5 を含む。本例において CCD 素子 1 0 6 は、CCD エリアセンサである。MCP 検出器 2 2 に入射した二次電子ビーム 3 2 は、MCP により 1 万倍から 1 0 万倍に増倍され蛍光板 2 3 を照射し、この蛍光面で蛍光像が発生する。これにより、電子ビームによる基板 1 1 表面の電子像が光学画像に変換される。この蛍光像は、FOP 2 4 を介して CCD エリアセンサで検出され、CCD カメラ 2 5 から画像信号として出力される。画像信号は、信号制御部 2 8 を介してホストコンピュータ 2 9 に送られ、画像処理、画像データ保存が行なわれ、また、表示器 3 0 上に画像データが二次元画像の形態で表示される。本例では、2 次元の CCD エリアセンサによる画像取り込みを取り上げて説明したが、ステージ 1 2 の移動と同期させて蛍光像を TDI (Time Delay Integrator) 型の CCD センサを用いて光学画像を取り込むこともできる。この手法は、半導体ウェーハの欠陥検査な

ど、高速での検査が要求される場合に非常に有効な手段である。

【 0 0 1 2 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の基板検査装置では、電子像を取り込む過程で画像が劣化する、という問題があった。この点を、図4および図5を用いて説明する。図4は、上述した特開平11-132975に記載の基板検査装置における画像取り込み手法の説明図である。二次電子ビーム32によって形成される電子像は、写像投影光学部の最終段に位置する静電レンズ20a, 20b, 20cによってMCP22の入射面上に結像される。電子像検出部は、詳述すると、MCP22a, 22b、蛍光板23、FOP24、CCD素子106、CCDカメラ25を含む。MCP22と蛍光板23を真空の電子ビーム鏡筒内へ設置するために、ここでは、FOP24を真空容器壁112で挟持することにより、真空と大気の分離を実現している。MCP22は、より高い利得(gain)を得るために、2段のMCP22a, 22bを組み合わせることにより構成している。MCP22は、内径10 μ m以下、長さ方向を空芯としたガラスチューブを束状に接着されて形成したものであり、チューブの内面には二次電子放出効率の高い材質が塗布されている。MCP22の電子入射面(22a側)は、グランドに接地される一方、その出射面(MCP22b側)は電源54によって正の電位に保たれ、これによりチューブ内には入射面から出射面に向けた加速電界が存在する。MCP22に入射した電子は、1段目のMCP22aの各チューブ内で散乱を繰り返しながら増倍されてMCP22aの出射面から出射し、2段目のMCP22bに入射し、さらに増倍される。2段目のMCP22bの出射面から放出した電子は、電源52によって形成される加速電界によりFOP24の蛍光面に向けて加速され、蛍光面を照射して発光させる。このようにして、MCP22の入射面に結像された電子像をMCP22で増倍させながら、FOP24の蛍光面を発光させることにより、光学画像に変換させることができる。MCP22は、空間分解能を維持したままで電子を増倍できることから、電子像のS/N向上のために非常に有効な手段である。蛍光板23の蛍光面で発生した光学画像は、FOP24を介して、ラインセンサ、TDIセンサ、エリアセンサ等のCCD素子106にて検出さ

れ、CCDカメラ25から画像信号として出力される。

【0013】

このような電子像検出系において、蛍光面で発生した光学画像をCCD素子106に取り込むために、CCD素子106と蛍光面との間に光学レンズによるリレーレンズを採用した場合は、歪み防止の目的から光学系が大きくなり、装置の小型化の要求に対する大きな支障となっている。また、光学レンズ自身による透過率の減少も無視できない。上述した基板検査装置では、この部位にFOP24を採用することにより、蛍光板23の蛍光面とCCD素子106までの距離を短くするとともに、透過率を向上させるという特徴を有するが、FOPの製造方法から歪みを低く抑えることは容易でない。FOP24には図5に示すような、シアードイストーションD1やグロスディストーションD2などの歪みが存在し、これらの歪みを低減させることは非常に困難である。このような歪みは、FOP24の入射面と出射面との間の距離に依存しており、距離を短くすることに比例して歪みも小さくなることは知られている。しかし、FOP24の役割として、蛍光面に約+4 kVの高圧を印加することにより、CCD素子106を受光面から電氣的に絶縁させる機能も担っており、この点からFOP24を5 mm以下に薄くすることは困難となっている。現状のFOPの製造方法では、5 mm厚においてFOPの歪みを10 μ m以下に抑えることは困難であり、このことが画像歪みの主な要因となっている。これは、CCD素子の画素サイズを16 μ mとすると、FOPの歪みが0.625画素となり、FOPの歪みのある部位の画像の分解能が大きく劣化することを意味している。この部分的な分解能劣化が欠陥検査において、疑似欠陥を発生させる要因となってしまう。また、光学レンズとFOPのいずれについても、蛍光面とCCD素子106との間に光学画像を転送する光学部品が介在するために、空間分解能が劣化することは避けられない。図4に示す方式の光学系では、MCP22、FOP24およびCCDカメラ25から画像が転送されるため、画像の空間分解能の劣化が避けられない。光学特性を表す指標であるMTF (Modulation Transfer Function) 値は、0.2 μ mのライン・アンド・スペース (line and space) パターンの画像を0.1 μ mの画素で画像取得した場合には、MCP22、FOP24およびCCDカメラ25のMTFは

、それぞれ 0.43、0.8、0.5 となる。MCP 22 から CCD カメラ 25 までの MTF は、各 MTF の積 ($MTF_{\text{検出器}} = MTF_{\text{MCP}} \times MTF_{\text{FOP}} \times MTF_{\text{CCD}}$) となり、 $MTF_{\text{検出器}} = 0.172$ と、大幅に劣化してしまう。このような MTF の劣化を抑制するためには、MCP 22 上に電子像が結像してから光学画像を取り込むまでの構成を簡略化する必要がある。

【0014】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、光学特性に優れ、かつ、構造が簡略化された基板検査装置およびその制御方法を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】

本発明は、以下の手段により上記課題の解決を図る。

【0016】

即ち、本発明の第 1 の態様によれば、

基板を装着する基板装着手段と、荷電ビームを生成して上記基板に照射する荷電ビーム照射手段と、上記荷電ビームの照射により上記基板から発生し上記基板の表面の物性を表わす電子像をなす二次荷電粒子もしくは反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子を増増する荷電粒子倍増器と、倍増された上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子の照射を受けて上記電子像を光学画像に変換する蛍光体を受光面に有し上記光学画像を画像信号に変換する撮像素子と、を含む電子像検出手段と、上記基板から発生した上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子を拡大投影して上記電子像を上記電子像検出手段に結像させる写像投影手段と、上記画像信号に基づいて上記基板を検査する検査手段と、上記蛍光体の蛍光面をグランドに接地するとともに、上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子が上記荷電粒子倍増器に入射する面に第 1 の負の電位を印加する制御手段と、を備える基板検査装置が提供される。

【0017】

上記制御手段が上記蛍光体の蛍光面をグラウンドに接地するので、上記撮像素子のチャージが防止される。上記制御手段はまた、上記荷電粒子倍増器における、上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子の入射面に第 1 の負の電位を印加するので、この入射面と上記蛍光面との間に上記二次荷電粒子等を加速させる電界が形成される。これにより、上記蛍光体と上記撮像素子とが一体化される。これにより、従来技術において蛍光面で発生する光学画像を撮像素子へ転送する FOP などの光学部材を設ける必要がなくなるので、FOP にて発生していた画像歪みを解消できるとともに、MTF の劣化および透過率の劣化をも低減することができる。

【 0 0 1 8 】

上記制御手段は、上記基板装着手段に上記第 1 の負の電位よりも絶対値が大きい第 2 の負の電位を印加することが望ましい。

【 0 0 1 9 】

上記基板装着手段に上記第 2 の負の電位を印加することにより、上記基板の表面と上記荷電粒子倍増器の入射面との間に加速電界が形成される。

【 0 0 2 0 】

上記制御手段は、上記写像投影手段において上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子が出射する位置の電位が上記第 1 の負の電位となるように上記写像投影手段を制御することが好ましい。

【 0 0 2 1 】

上記結像手段における、上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子の出射位置の電位が、上記荷電粒子倍増器における上記二次荷電粒子等の入射面の電位と同一であるので、上記写像投影手段を出射した上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子は、上記荷電粒子倍増器に至るまで等速で移動する。このため、従来の技術においてこの領域で形成していた減速電界の不均一性により収差性能が劣するという問題を解消することができる。

【 0 0 2 2 】

上述の基板検査装置は、上記基板装着手段と、上記荷電ビーム照射手段と、上記写像投影手段と、上記荷電粒子倍増器とを真空状態で収容する真空容器をさらに備え、上記撮像素子は、上記真空容器内に設置されると良い。これにより、装置の構造が簡略化され、より一層の小型軽量化が実現される。

【 0 0 2 3 】

また、上述した基板検査装置は、上記荷電ビームの上記基板への入射角度と、上記基板から発生する上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子の上記写像投影手段への取り込み角度を変化させる荷電ビーム偏向手段をさらに備えることが望ましい。これにより、上記電子ビームが上記基板に入射するときにビーム形状が歪んだり収差によりぼけが発生するという問題を解消することができる。

【 0 0 2 4 】

また、上記写像投影手段は、上記写像投影手段に近接した位置に設けられた3段の静電レンズを含み、上記制御手段は、上記3段の静電レンズのうち、上記基板装着手段の側に位置する第1段目の上記静電レンズをグランドに接地し、上記荷電粒子倍増器に最も近接する第3段目の上記静電レンズに上記第1の負の電位を印加し、第2段目の上記静電レンズに上記第1の負の電位よりも絶対値が小さい第3の負の電位を印加することが望ましい。

【 0 0 2 5 】

上記第1段目の上記静電レンズがグランドに接地され、上記第2段目の上記静電レンズに上記第1の負の電位よりも絶対値が小さい第3の負の電位が印加されるので、上記第2段目の上記静電レンズと上記第3段目の上記静電レンズとの間で減速電界が形成される。これにより、上記基板装着手段から上記第1段目の上記静電レンズに至るまで加速された上記二次荷電粒子等が上記第2段目の上記静電レンズと上記第3段目の上記静電レンズとの間で一旦減速される。これにより、収差への寄与を最小限に抑制することができる。

【 0 0 2 6 】

本発明の好適な実施態様において、上記撮像素子は、ガラス材料から形成された保護部材を有し、上記蛍光体は、上記保護部材の表面に蛍光材料をコーティン

グして形成される。

【 0 0 2 7 】

また、上記撮像素子は、T D I (Time Delay Integrator) 型の C C D 素子を含むことが好ましい。これにより、上記基板検査装置が上記基板装着手段を移動させながら上記荷電ビームを上記基板上で走査する場合は、基板装着手段の移動に同期させて上記信号を取得することができるので、検査効率を大幅に向上させることが可能になる。

【 0 0 2 8 】

上記撮像素子は、上記保護部材と上記蛍光体との間に設けられた電極をさらに有し、上記蛍光体は、上記電極を介してグランドへ接地されると良い。

【 0 0 2 9 】

また、上述した基板検査装置は、前記画像信号に基づいて前記基板の表面の物性を表わす二次元画像を表示する画像表示手段を備えると良い。

【 0 0 3 0 】

また、本発明の第 2 の態様によれば、

基板を装着する基板装着手段と、荷電ビームを生成して上記基板に照射する荷電ビーム照射手段と、上記荷電ビームの照射により上記基板から発生し上記基板の表面の物性を表わす電子像をなす二次荷電粒子もしくは反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子を検出して画像信号を出力する電子像検出手段と、上記基板から発生した上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子を拡大投影して上記電子像を上記電子像検出手段に結像させる写像投影手段と、上記画像信号に基づいて上記基板を検査する検査手段と、を備え、上記電子像検出手段が、上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子を倍増する荷電粒子倍増器と、倍増された上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子の照射を受けて上記電子像を光学画像に変換する蛍光体を受光面に有し上記光学画像を画像信号に変換する撮像素子と、を含む基板検査装置の制御方法であって、上記蛍光体の蛍光面をグランドに接地する工程と、上記荷電粒子倍増器における上記二次荷電粒子もしくは上記

反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子の入射面に第 1 の負の電位を印加する工程と、を備える基板検査装置の制御方法が提供される。

【 0 0 3 1 】

上記蛍光体の蛍光面をグランドに接地し、電子倍增器の入射面に上記第 1 の負の電位を印加するので、この入射面と上記蛍光面との間に上記二次荷電粒子等を加速させる電界が形成される。これにより、上記電子倍增器と上記撮像素子との間に F O P などの光学部材を設けることなく上記電子像を光学画像に変換して撮像することができる。これにより、画像歪みがない電子像を高い分解能で取得することができる。この結果、基板の欠陥検査において疑似欠陥の発生を防止することができる。

【 0 0 3 2 】

上述した基板検査装置の制御方法は、上記基板装着手段に上記第 1 の負の電位よりも絶対値が大きい第 2 の負の電位を印加する工程をさらに備えることが望ましい。

【 0 0 3 3 】

また、上記制御方法は、上記写像投影手段において上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子が上記電子像検出手段に向けて出射する箇所に上記第 1 の負の電位を印加する工程をさらに備えることが好ましい。

【 0 0 3 4 】

また、上記制御方法は、上記荷電ビームの上記基板への入射角度と、上記基板から発生した上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子の上記写像投影手段への取り込み角度を変化させる工程をさらに備えると好適である。

【 0 0 3 5 】

また、上記基板検査装置の上記写像投影手段は、上記電子像検出手段に近接した位置に設けられた 3 段の静電レンズを含み、上記制御方法は、上記 3 段の静電レンズのうち、上記基板装着手段の側に位置する第 1 段目の上記静電レンズをグランドに接地し、上記荷電粒子倍增器に最も近接する第 3 段目の上記静電レンズ

に上記第 1 の負の電位を印加し、第 2 段目の上記静電レンズに上記第 1 の負の電位よりも絶対値が小さい第 3 の負の電位を印加する工程をさらに備えるとよい。

【 0 0 3 6 】

上述した基板検査装置およびその制御方法において、上記第 1 の負の電位は、上記二次荷電粒子もしくは上記反射荷電粒子または上記二次荷電粒子および上記反射荷電粒子が上記荷電粒子倍増器に入射するときのエネルギーを約 2 keV 以下とする値であることが好ましい。

【 0 0 3 7 】

上記基板検査装置およびその制御方法において、上記物性には、上記基板の表面の形状／材質／電位の変化が含まれる。

【 0 0 3 8 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明にかかる基板検査装置の実施の一形態について図面を参照しながら説明する。本実施形態の基板検査装置の特徴は、電子像検出部とその制御部の構成にある。本実施形態の基板検査装置のその他の構成、即ち、電子ビーム照射部とその制御部、ステージとその制御部、写像投影光学部とその制御部、電子ビーム偏向部とその制御部は、図 3 に示す基板検査装置と実質的に同一であるので、以下では、本実施形態の要部である電子像検出部とその制御部を中心に説明する。

【 0 0 3 9 】

図 1 は、本実施形態の基板検査装置が備える電子像検出部の概略構成を示すブロック図である。同図に示す電子像検出部は、FOP を含むことなく、光学画像の受光面と CCD 素子 106 とが一体化された構成となっている。また、CCD カメラ 25 は、ソケット部 108 で真空容器壁 112 で挟持され、CCD 素子 106 は真空容器内に設置されている。

【 0 0 4 0 】

図 2 は、図 1 に示す電子像検出部のうち、破線で囲む領域 C の拡大図である。図 2 に示すように、本実施形態の電子像検出部は、保護ガラス 76 と A1 薄膜 74 とを介して CCD 素子 106 の撮像面側に設けられた蛍光体 72 を含む。A1

薄膜74は、保護ガラス76上にAlを約 $10\mu\text{m}$ の膜厚を有するように蒸着して形成し、蛍光体72は、Al蒸着膜74上に沈降法により蛍光物質を塗布したものである。二段のMCP22は、蛍光体72に近接して配置され、蛍光体72の表面は、MCP22により倍增された電子の受光面となる。2段目のMCP22bの電子出射面と蛍光体72の受光面との距離は、本実施形態において約0.5mmであり、これにより、電子像のぼけが抑制される。

【0041】

図1に戻り、Al薄膜74は、グランドに接地され、これにより、電子ビームの照射による帯電を防止するとともに、蛍光体72の蛍光面の電位を決定する機能を有する。また、MCP22bの出射面には電源52により負電圧 V_{snt} が印加されて蛍光体72の蛍光面がMCP22bの出射面に対して正電位側になるように電界が形成される。これにより、MCP22bを出射した電子が加速される。さらに、MCP22aの入射面には直列に接続された電源52、54により負電圧($V_{snt} + V_{MCP}$)が印加されてMCP22bの出射面がMCP22aの入射面に対して正電位側になるように電界が形成されるので、MCP22aに入射した電子がMCP22bの出射面に向かって加速され、MCP22のチューブの内壁に衝突しながら倍增される。本実施形態において、MCP22、蛍光体74に対する上述した電圧制御は、制御部26を介してホストコンピュータ29により行なわれる(図3参照)。

【0042】

図4との対比において明らかなように、従来の技術による電子像検出部においては、MCP22aの入射面はグランドに接地されていたが、本実施形態において、MCP22aの入射面は、グランドに対して負電圧($V_{snt} + V_{MCP}$)が印加されている構造となる。基板11には電源13により V_{wafer} が印加されているので(図3参照)、MCP22aに入射する二次電子ビーム32のエネルギーは、基板11への印加電圧(V_{wafer})とMCP22aの入射面への印加電圧($V_s + V_{MCP}$)との差によって決定される。MCP22aへの入射エネルギー E_{in} (eV)は、

$$E_{in}(\text{eV}) = e(V_{snt} + V_{MCP} + V_{wafer})$$

となる。MCP 2 2 の構成上、この入射エネルギー E_{in} (eV) は、2 keV 以下であると好適であることが判明している。

【0043】

さらに、本実施形態においては、アインツェルレンズをなす静電レンズ 2 0 a ~ 2 0 c のうち、静電レンズ 2 0 a の電極をグラウンドに接地させるとともに、静電レンズ 2 0 b の電極には電源 5 6 により負のレンズ電圧 V_{lens} を印加し、かつ、静電レンズ 2 0 c の電極を電源 5 2 と電源 5 4 の直列接続に接続して MCP 2 2 a の入射面と同一の電圧 ($V_s + V_{MCP}$) を印加する。図 4 に示す従来例のように、静電レンズ 2 0 c の電極をグラウンドに接地した場合には、静電レンズ 2 0 c の電極と MCP 2 2 a の入射面との間に形成された減速電界により二次電子ビーム 3 2 が減速されて、MCP 2 2 a に入射されていた。この場合、静電レンズ 2 0 c 電極 - MCP 2 2 a 間の減速電界の不均一性が収差性能を劣化させて、電子像のぼけを発生させていた。これに対して本実施形態では、静電レンズ 2 0 c の電極の電位を MCP 2 2 a の入射面の電位と同一にし、静電レンズ 2 0 b の電極にレンズ電圧 V_{lens} を印加し、さらに静電レンズ 2 0 a の電極をグラウンドに接地するので、二次電子ビーム 3 2 の減速は、静電レンズ 2 0 a ~ 2 0 c で構成されるアインツェルレンズ内で行われる。本実施形態において、このようなレンズ電極への電圧制御は、制御部 2 1 を介してホストコンピュータ 2 9 により行なわれる (図 3 参照)。これにより、収差への寄与を最小限に迎えることが可能になる。

【0044】

本実施形態の基板検査装置によれば、従来の技術において蛍光面で得られた光学画像を CCD 素子 1 0 6 へ転送する光学部材としての FOP を省略することが可能になるため、FOP にて発生していた、画像歪みや MTF 劣化、透過率劣化の問題を解消することができる。さらに、本実施形態によれば、CCD 素子 1 0 6 を真空中に設置できる構造となるため、検査装置をさらに小型軽量化することが可能になる。

【0045】

以上、本発明の実施の一形態について説明したが、本発明は上記形態に限るこ

となくその要旨を逸脱しない範囲で種々変形して適用することができる。例えば上述の実施形態では、ウィーンフィルタを含む電子ビーム偏向部を備える形態について説明したが、これを備えていない基板検査装置についても適用できることは勿論である。

【 0 0 4 6 】

【発明の効果】

以上詳述したとおり、本発明は、以下の効果を奏する。

【 0 0 4 7 】

即ち、本発明にかかる基板検査装置によれば、電子像を光学画像に変換する蛍光体と上記光学画像を画像信号に変換する撮像素子とが一体化されるので、蛍光面での光学画像を撮像素子へ転送するFOPなどの光学部材を省略することが可能となる。これにより、このような光学部材にて従来発生していた画像歪みを解消することができ、また、MTF劣化、透過率劣化を低減することが可能となり、検査装置の性能が大幅に向上する。さらに、撮像素子を真空容器内に設置することが可能となり、構造が簡略化されるので、装置の小型軽量化を実現できる。

【 0 0 4 8 】

また、本発明にかかる基板検査装置の制御方法によれば、蛍光体の蛍光面をグランドに接地し、電子倍増器の入射面に第1の負の電位を印加するので、上記蛍光体と撮像素子との間にFOPなどの光学部材を介在させる必要がなくなる。これにより、画像歪みが解消され、MTFや透過率等の基板検査装置の性能を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明にかかる基板検査装置が備える電子像検出部の概略構成を示すブロック図である。

【図2】

図1に示す電子像検出部の要部を示す拡大図である

【図3】

従来の技術による基板検査装置の一例の概略構成を示すブロック図である。

【図4】

図3に示す基板検査装置の問題を説明する図である。

【図5】

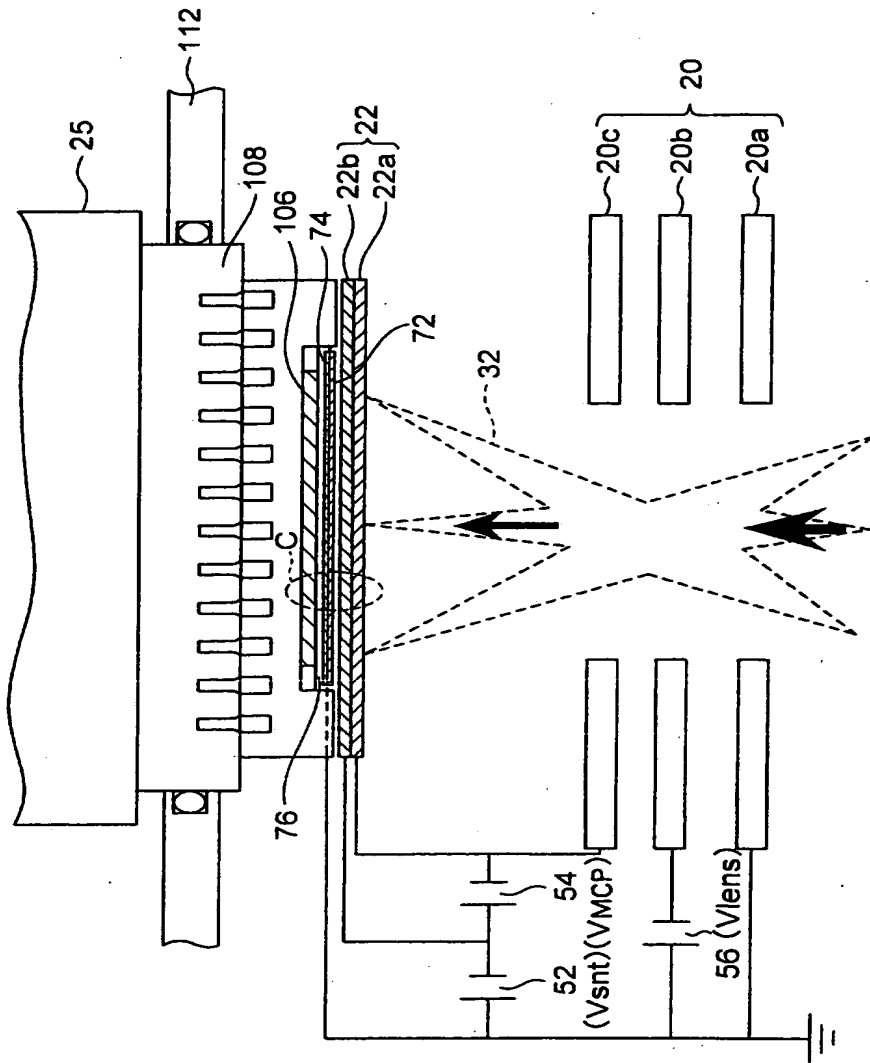
図3に示す基板検査装置が備えるFOPの問題を説明する図である。

【符号の説明】

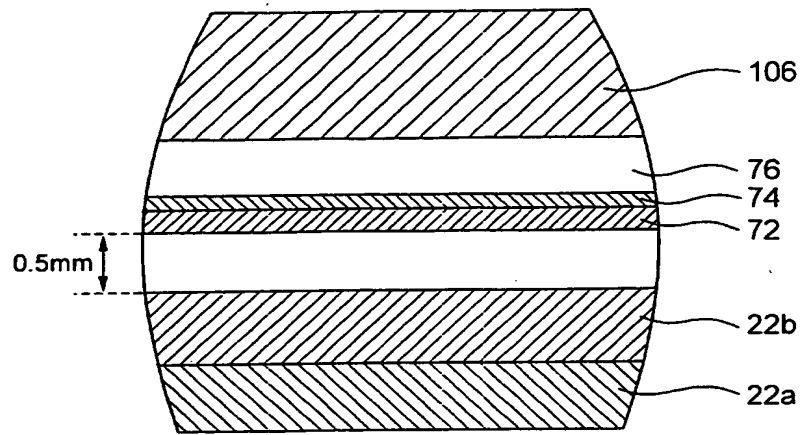
- 1 LaB₆ 陰極
- 2 ウエーネルト電極
- 3 陽極
- 4 偏向器
- 5, 6 静電型四極子レンズ
- 7～10, 17, 19, 21, 26, 27, 43, 45 制御部
- 11 基板
- 12 ステージ
- 13, 15, 52, 54, 56 電源
- 29 ホストコンピュータ
- 30 表示器
- 14 回転対称静電レンズ
- 16, 18, 20, 20a～20c 静電レンズ
- 22, 22a, 22b MCP
- 25 CCDカメラ
- 27 電子ビーム偏向部
- 31 照射電子ビーム
- 32 二次電子ビーム
- 72 蛍光体
- 74 A1電極
- 76 保護ガラス
- 106 CCD素子
- 112 真空容器壁

【書類名】 図面

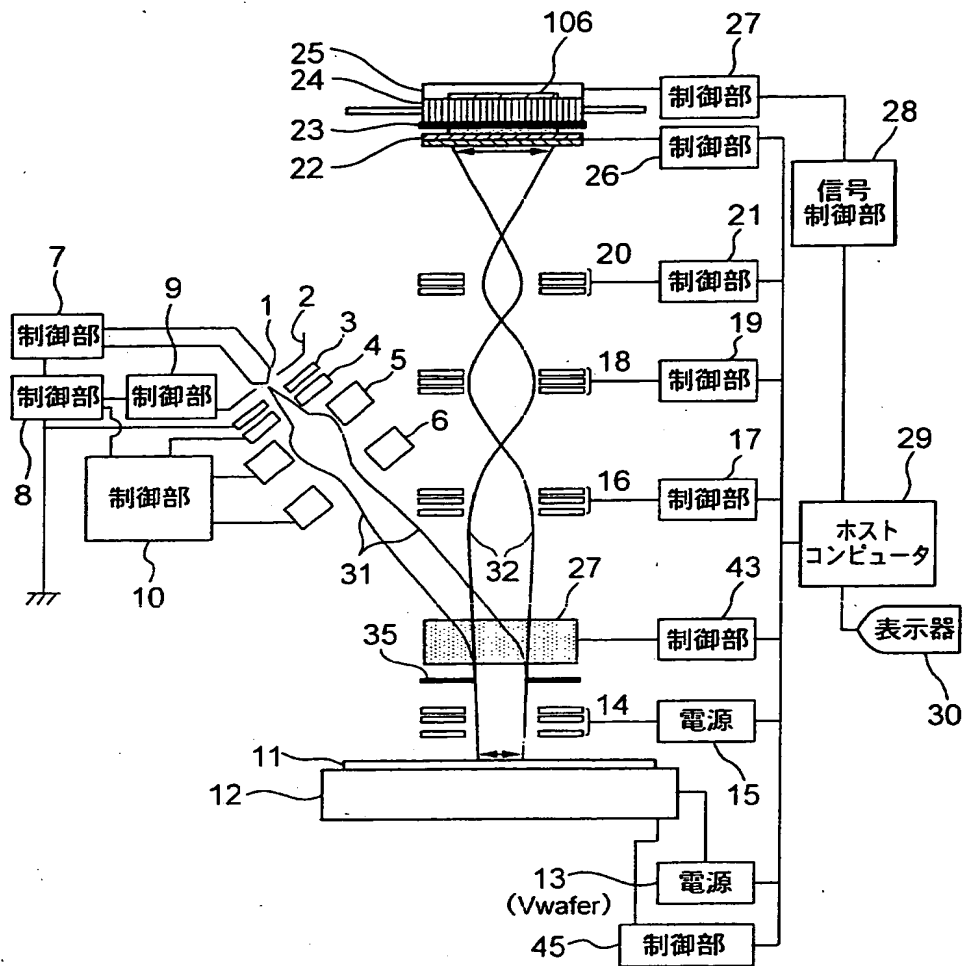
【図1】



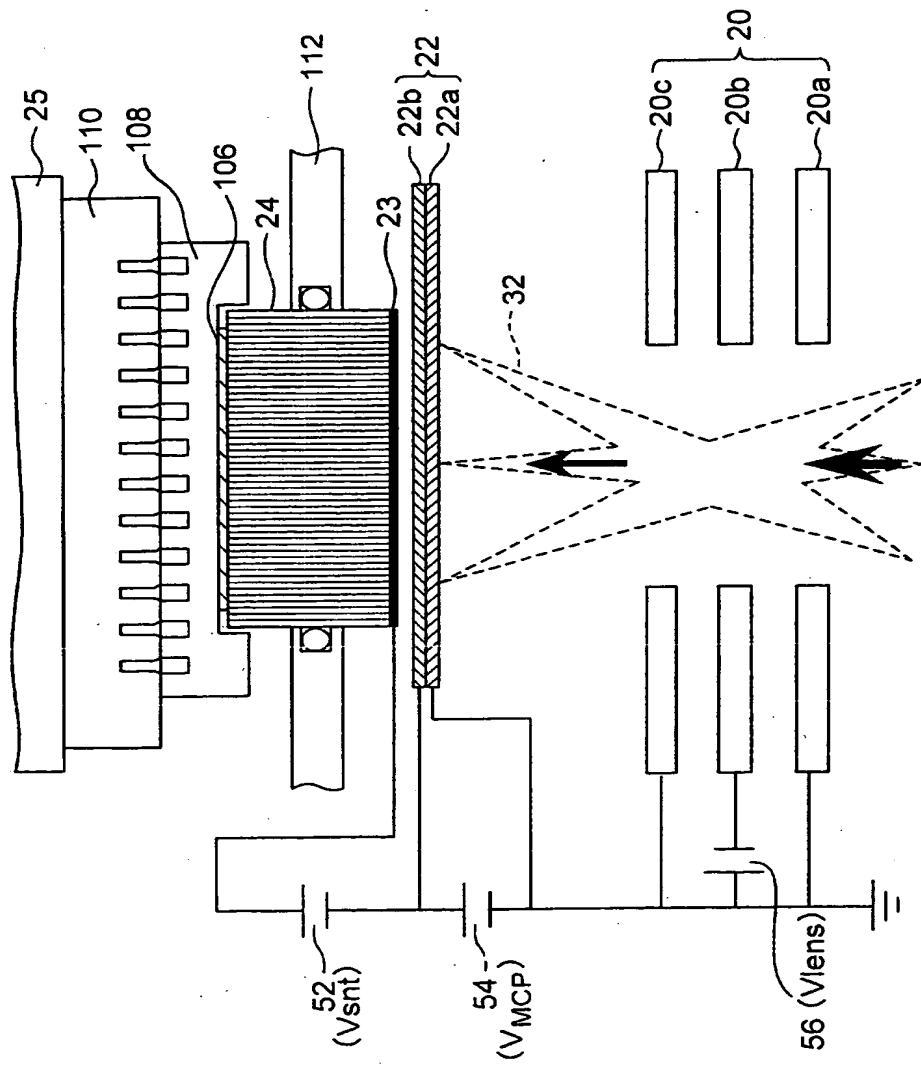
【図 2】



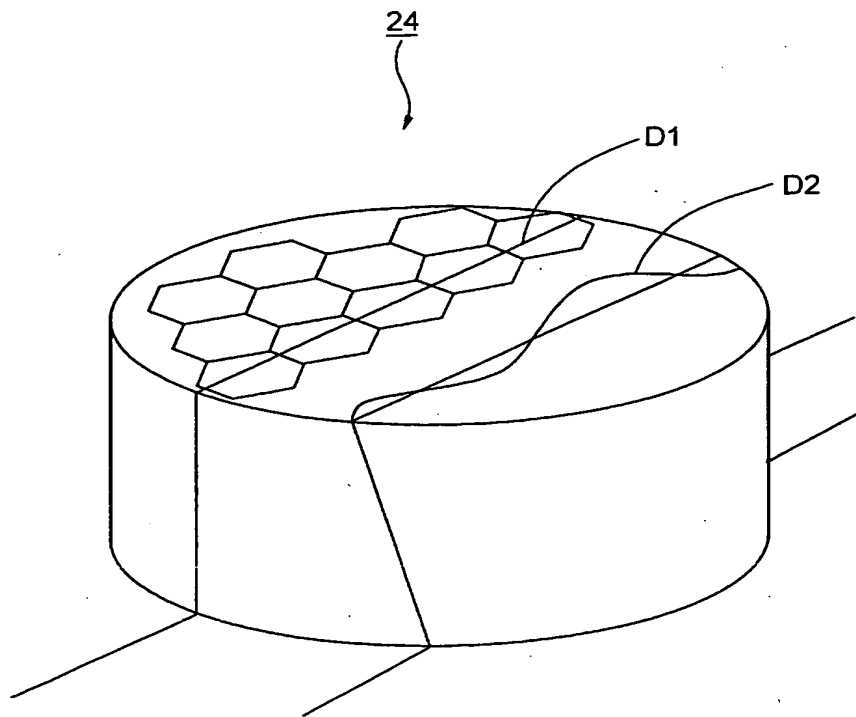
【図 3】



【図4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光学特性に優れ、かつ、構造が簡略化された基板検査装置およびその制御方法を提供する。

【解決手段】 電子ビーム照射部 1 ～ 6 とその制御部 7 ～ 1 0、ステージ 1 2 とその制御部 4 5、写像投影光学部 1 6, 1 8, 2 0 とその制御部 1 7, 1 9, 2 1、電子ビーム偏向部 2 7 とその制御部 4 3 と、MCP 2 2、蛍光体 7 2、CCD 素子 1 0 6、CCD カメラ 2 5 を含む電子像検出部とその制御部 2 6, 2 7 と、を備える基板検査装置において、蛍光体 7 2 の蛍光面をグランドに接地し、MCP 2 2 a の二次電子ビーム 3 2 の入射面に負電圧 ($V_{snt} + V_{MCP}$) を印加し、蛍光体 7 2 の蛍光面と MCP 2 2 a の入射面との間に加速電界を形成して、蛍光体 7 2 と CCD 素子 1 0 6 とを一体化させる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-400814
受付番号	50001701057
書類名	特許願
担当官	寺内 文男 7068
作成日	平成 13 年 1 月 5 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000003078
【住所又は居所】	神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地
【氏名又は名称】	株式会社東芝

【代理人】

申請人

【識別番号】	100064285
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内 3-2-3 富士ビル 協和特許法律事務所内

【氏名又は名称】	佐藤 一雄
----------	-------

【選任した代理人】

【識別番号】	100088889
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 協和特許法律事務所

【氏名又は名称】	橘谷 英俊
----------	-------

【選任した代理人】

【識別番号】	100082991
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 富士ビル 協和特許法律事務所

【氏名又は名称】	佐藤 泰和
----------	-------

【選任した代理人】

【識別番号】	100108785
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 協和特許法律事務所

【氏名又は名称】	箱崎 幸雄
----------	-------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
氏 名 株式会社東芝
2. 変更年月日 2001年 7月 2日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名 株式会社東芝